

Table des matières

Préface	1
Alberto BROGGI	
Avant-propos 1	3
Thierry BAPIN	
Avant-propos 2. « IA et ADAS », comment améliorer la mobilité ?	5
Dominique GRUYER	
Introduction	11
Abdelaziz BENSRAHAI	
Chapitre 1. Intelligence artificielle pour les véhicules	15
Gérard YAHIAOUI	
1.1. Définition de l'intelligence artificielle (IA)	15
1.2. Les principales méthodes d'IA	17
1.2.1. <i>Deep Learning</i>	17
1.2.2. <i>Machine Learning</i>	18
1.2.3. <i>Clustering</i>	19
1.2.4. Apprentissage par renforcement	21
1.2.5. Raisonnement à base de cas	22
1.2.6. Raisonnement logique	23
1.2.7. Systèmes multi-agents	23
1.2.8. Apprentissage PAC	23

1.3. Les problématiques modernes en IA pour l'industrie	24
1.3.1. Explicabilité : XAI (<i>eXplainable Artificial Intelligence</i>)	24
1.3.2. Conception de systèmes d'IA dits « hybrides »	24
1.4. Le véhicule « intelligent »	25
1.4.1. ADAS	25
1.4.1.1. Différentes phases de roulage	26
1.4.1.2. Différentes notions bien distinctes rattachées à l'idée de danger sur la route	27
1.4.2. Véhicule autonome	29
1.4.2.1. Différentes missions	29
1.4.2.2. Différents niveaux d'autonomie	30
1.4.2.3. Responsabilité en cas d'accident.	31
1.4.2.4. Schéma général du véhicule autonome	32
1.4.3. Réalisation des briques de base du véhicule intelligent avec des méthodes d'IA	33
1.4.3.1. Gestion du roulage normal	33
1.4.3.2. Gestion des situations d'urgence.	35
1.5. Conclusion	36
1.6. Bibliographie.	36

Chapitre 2. Vision conventionnelle ou non : une sélection d'algorithmes bas niveau 41

Fabien BONARDI, Samia BOUCHAFA, Désiré SIDIBÉ
et Hicham HADJ-ABDELKADER

2.1. Introduction.	41
2.2. Capteurs de vision	42
2.2.1. Caméras conventionnelles	43
2.2.1.1. Modèle optique des caméras conventionnelles	43
2.2.1.2. Sensibilité spectrale des caméras conventionnelles	45
2.2.2. Capteurs émergents.	46
2.2.2.1. Géométrie non conventionnelle	46
2.2.2.2. Photométrie non conventionnelle	47
2.3. Choix des informations à extraire des images.	49
2.3.1. Propriétés d'une caractéristique idéale	52
2.3.2. Méthodes de description	52
2.3.3. Mise en correspondance de points d'intérêt	54
2.3.4. Estimation de l'égo-mouvement et localisation	55
2.3.4.1. Estimation du flot optique.	56
2.3.4.2. Odométrie visuelle et SLAM.	57

2.3.5. Détection de l'espace navigable par une approche dense.	61
2.3.5.1. Estimation du flot optique, confiance et fiabilité	64
2.3.5.2. Exploitation du flot optique pour la détection de plans 3D	67
2.3.6. De la détection de plans 3D à l'odométrie visuelle	78
2.3.7. Détection des obstacles par compensation de l'égo-mouvement	83
2.3.7.1. Estimation de l'égo-mouvement	83
2.3.7.2. Détection des objets dynamiques	85
2.3.8. Odométrie visuelle	86
2.3.8.1. Traitement des images omnidirectionnelles	86
2.3.8.2. Traitement d'images sphériques dans le domaine spectral	87
2.3.8.3. Dérivée d'une image sphérique dans l'espace spectral.	88
2.3.8.4. Évaluation expérimentale	89
2.4. Conclusion	93
2.5. Bibliographie	93

Chapitre 3. La conduite automatisée, une question

de planification de trajectoires 101

Olivier ORFILA, Dominique GRUYER et Rémi SAINCT

3.1. Définition de la planification	101
3.2. La planification de trajectoire : généralités	103
3.2.1. Variables	105
3.2.2. Contraintes	105
3.2.3. Fonctions de coûts	105
3.2.4. Méthodes de planification	105
3.2.4.1. Revue de littérature	106
3.2.4.2. Copilote respectant les règles légales de circulation	111
3.3. La planification de trajectoire multi-objectif	128
3.3.1. Scalarmisation linéaire.	131
3.3.1.1. Recherche opérationnelle	132
3.3.1.2. Optimisation par colonies de fourmis.	134
3.3.1.3. Méthode paramétrique MOSA (<i>Multi Objective Speed Optimization</i>)	136
3.3.2. Scalarmisation non linéaire	139
3.3.2.1. Algorithme génétique	139
3.3.3. Méthodes idéales	141
3.3.3.1. <i>Strength Pareto Evolutionary Algorithm 2</i> (SPEA2)	142
3.3.4. Synthèse des méthodes de planification multi-objectif	144
3.3.5. L'information de haut niveau	146

3.4. Conclusion sur la planification multi-agents pour une flotte de véhicules : l'avenir de la planification	147
3.5. Bibliographie	148

Chapitre 4. Du virtuel au réel, comment prototyper, tester, évaluer et valider les ADAS pour le véhicule automatisé et connecté ? 151

Dominique GRUYER, Serge LAVERDURE, Jean-Sébastien BERTHY, Philippe DESOUZA et Mokrane HADJ-BACHIR

4.1. Contexte et objectifs	151
4.2. Architecture générique dynamique et distribuée	154
4.2.1. Introduction	154
4.2.2. Une plateforme interopérable	155
4.3. Environnement et conditions climatiques	158
4.3.1. Introduction	158
4.3.2. La modélisation de l'environnement : lumières, ombres, matériaux et textures	159
4.3.3. Les conditions dégradées et les conditions climatiques	163
4.3.3.1. Simulation de la pluie (goutte sur l'optique)	164
4.3.3.2. Simulation du brouillard	166
4.3.4. Les calques de visibilité et les vérités terrains	167
4.4. Modélisation des capteurs de perception	170
4.4.1. Typologie des technologies de capteurs	171
4.4.2. Du modèle fonctionnel au modèle physique	172
4.4.3. Les capteurs optiques	173
4.4.3.1. Principe de fonctionnement	173
4.4.3.2. Simulation du rendu image	174
4.4.3.3. Modélisation des effets liés aux composants capteur	175
4.4.4. <i>Light Detection and Ranging</i> (lidar)	176
4.4.4.1. Principe de fonctionnement	176
4.4.4.2. Modèle de simulation	177
4.4.5. <i>Radio Detection and Ranging</i> (radar)	178
4.4.5.1. Principe de fonctionnement	178
4.4.5.2. Modèle de simulation	179
4.4.6. <i>Global Navigation Satellite System</i> (GNSS)	181
4.4.6.1. Principe de fonctionnement	182
4.4.6.2. Modèle de simulation	184
4.5. La connectivité et les moyens de communication	186
4.5.1. Contexte	186
4.5.2. Modèle statistique du canal de propagation	187

4.5.3. Modèle physico-réaliste multiplate-forme	188
4.6. Quelques cas d'usage pertinent	190
4.6.1. Ressources graphiques	190
4.6.2. Communication et risque global	191
4.6.3. Manœuvre de parking automatisé	199
4.6.4. Copilote et automatisation de la conduite	200
4.6.5. Écomobilité et profil de conduite écoresponsable	204
4.7. Conclusion	208
4.8. Bibliographie	210

Chapitre 5. Standards pour les ITS coopératifs 215

Thierry ERNST

5.1. Contexte et objectifs	215
5.1.1. Des systèmes de transport intelligents (ITS)	215
5.1.2. Le véhicule connecté et coopératif	217
5.1.3. Des systèmes de communication en silos	219
5.1.4. Les systèmes de transport intelligents coopératifs (C-ITS).	220
5.1.5. Diversité des services ITS coopératifs	220
5.1.6. Les organismes de normalisation	223
5.1.7. Genèse des standards « ITS coopératifs »	224
5.2. L'architecture <i>ITS Station</i>	226
5.2.1. Description générale	226
5.2.2. Unités de communication <i>ITS Station</i>	229
5.2.3. Types de stations ITS	229
5.3. Fonctionnalités de l'architecture <i>ITS Station</i>	231
5.3.1. Combinaison des technologies de communication	231
5.3.2. Communications centralisées	232
5.3.3. Communications localisées (V2X)	232
5.3.4. Communications hybrides	234
5.3.5. Communications étendues	236
5.3.6. Gestion des communications	237
5.3.7. Messagerie	238
5.3.8. Organisation et identification des données	240
5.3.9. Sécurité	241
5.3.10. Évolution des standards	242
5.4. Bénéfices de l'architecture <i>ITS Station</i>	243
5.5. Déploiement des services ITS coopératifs	244
5.6. Conclusion	247
5.7. Bibliographie	247

Chapitre 6. L'intégration de l'orientation du piéton au profit des ADAS basée sur le cas marocain	251
Aouatif AMINE, Abdelaziz BENSRAHAI, Safaa DAFRALLAH et Stéphane MOUSSET	
6.1. Introduction	251
6.2. Système d'assistance du conducteur avancé (ADAS)	254
6.3. Proposition d'un système applicable pour le cas marocain	255
6.4. Conclusion	269
6.5. Bibliographie	269
Chapitre 7. Véhicule autonome : quels enjeux juridiques ?	271
Axelle OFFROY	
7.1. Introduction	271
7.2. La définition du véhicule dit « autonome »	273
7.3. Cadre légal et expérimentations	274
7.4. La notion de « conducteur »	275
7.5. La notion de « gardien »	276
7.6. Quel régime de responsabilité ?	276
7.7. L'assurance du véhicule autonome ?	278
7.8. Données personnelles et véhicule autonome	280
7.9. La nécessité d'une réglementation uniforme	283
Liste des auteurs	285
Index	287